

第8回宇宙開発委員会議事録

1. 日 時 平成13年2月28日(水)
14:00~
2. 場 所 特別会議室 (旧科学技術庁 5階)
3. 議 題 (1) ミール軌道離脱計画について
(2) 国際宇宙ステーション米国実験棟での中性子計測実験の実施について
(3) その他
4. 資 料 委8-1 「ミール」の軌道離脱計画に関する検討について(報告)
委8-2 国際宇宙ステーション米国実験棟での中性子計測実験の実施について
委8-3 第7回宇宙開発委員会議事要旨(案)

5. 出席者

宇宙開発委員会委員長	井 口 雅 一
宇宙開発委員会委員	長 柄 喜一郎
〃	栗 木 恭 一
〃	澤 田 茂 生
〃	五 代 富 文

6. 議事内容

【井口委員長】 全員お集まりになりましたので、よろしければ第8回の宇宙開発委員会を始めさせていただきたいと思いますが、よろしゅうございますか。

始めます前に、大野副大臣が御出席くださいましたので、最初に少しお話をいただけませんかでしょうか。お願いいたします。

【大野副大臣】 第8回宇宙開発委員会の開催に当たりまして、一言ごあいさつを申し

上げます。

やっぱり宇宙には夢がある。その夢に向かって挑戦をしていく。そこに人類の発展があるんだと、こういう思いで一生懸命やっているわけですが、先生方にはいつも御指導を賜り、また励ましをいただきましたこと、本当にありがたく存じております。

きょうはまたお忙しい中、井口委員長を初め先生方には、万難を排して出席していただきまして、まことにありがとうございます。

きょうは、第1に、事務方から御説明をさせていただきますけれども、ミールの問題でございます。

けさ、我々は総理大臣のところへもこの話をしてまいりました。後ほど詳しく御説明申し上げますけれども、万々が一、万一ということがありますが、どの程度の確率が当たるか計算してみますと、1億分の1以下だそうであります。万が一ということがありますが、万と万を掛けますと1億になりますので、万々が一という言葉が正しい使い方だと思うわけですが、万が一のことであっても、やっぱりきちっと対応しておかなきゃいけない、こういうつもりでしっかりやってまいります。

それに対しまして、総理のほうからは、国民にわかりやすく説明をしてもらいたい、それが第1点でございます。

それから、第2点は、今も申し上げましたけれども、万々が一に備えて万事に遺漏なきように努めてほしい、こういうような御指示がございました。

そういうことで、ミールにつきましては、総理の御指示に従い、文部科学省の中では、町村文部科学大臣の御指示で、情報センターを既に先週から設けております。3月13日ごろになるだろうという軌道離脱の問題につきましても、その直前には各省連絡会をつくっていかなければいけないな、こんなうふうなことでございます。詳しくは、事務局の方で御説明申し上げます。

それから、もう一つ、ぜひとも御支援、御指導いただきたいのは、H-2Aのロケットの問題でございます。何と云っても、このロケットの開発の問題、それから昨年まとめられました中長期戦略の具体化など、まあまあ、我が国の宇宙開発は、まだまだ多くの課題を抱えております。

そういうことで、私たちも一生懸命頑張っておりますが、是非とも従来に増しましての御指導、御鞭撻をよろしくお願い申し上げます、ごあいさつとさせていただきます。

ありがとうございました。どうぞよろしく申し上げます。

【井口委員長】 どうもありがとうございました。

それでは、議題の審議に入らせていただきます。

本日は、報告が2件でございます。

最初は、前回、ロシアのミール軌道離脱計画について、ロシアの発表について、的川先生からわかりやすく御説明いただきました。

今回は、日本側で計算、いろいろと検討した結果につきまして、再び的川先生からお話をいただきます。

それから、事務局、いろいろな資料をまとめられました宇宙政策課の福田企画官からもお話しいただきます。

よろしく願いいたします。

【宇宙科学研究所（的川教授）】 お配りした資料の、私が手書きで書いた、ちょっとOHPが故障して球が切れておりまして申しわけないんですが、後でお配りした2ページのこういう絵を御覧いただきたいと思うんですが、1ページ目の一番上の絵は、例えばバイコヌールから打上げた場合に、そのような経路をたどって衛星軌道まで行くわけですが、その打上げ地点と、それから軌道が通る面、その平面は、実はずうっと下の方に平面を延ばしていくと、地球の中心にほぼ行くわけで、その真ん中の段にあります図の左側を見ていただきますと、上の北極の周りをぐるっと1周しているような軌道は、原理的にあり得ないということをもまず御理解いただきたいと思うんですが、必ず衛星の軌道というのは、地球の中心を含む面になります。ですから、バイコヌールから打ったときに、地球の中心を通るような、その上に小さな楕円がありますが、その下に卵形の地球の中心を含むような円が書いてありますが、そういう平面になっていくということになります。

真ん中の黒い横に書いてあるのは、赤道面です。それを右の方から見ますと、直角方向に視点をずらしてみますと、右の絵になります。この青いライン、緑が地球ですが、青いラインがステーションあるいは衛星の軌道で、それを地球の中心を含むような形でズバッと切りますと、赤い線で斜線を引いた切り口があらわれます。その切り口の地表面のずうっと書いてある赤い線が、地表面のいわゆる投影図になっているわけですね。この衛星軌道はもちろん滑らかですから、ずうっと動いて行って、楕円の一番下まで青い線をたどっていくと、滑らかに上向きにまたずうっと軌道が行って、また上まで行くと、ある一番高いところに達して、また下へ戻ってくるという、グルグル回っていくわけですが、それを

一番下の、地図をわざと書いてありませんけれども、地図に投影して書くと、例えばその赤い線の起点になっているところ、右側の方の大きい赤丸ですが、ここからロケットが発射されたとしてずっと右の方へたどっていきますと、上の右側の切り口のところを地図に投影するとこういう形になるという図です。

それで、1周すると大体90分なわけですけども、90分たったときに、また最初の赤丸のところに戻ってくるはずなんですが、ただしその間に、90分の間に地球が22.5度自転してますので、打上げ点の上空に戻ってこなくて、西の方へずれると。地球がそれだけ勝手に動いているわけですね。だから、衛星の軌道面の投影は、そういうふうにしへ西へとずうっとずれていくという形になります。

それで、もとに戻ってくるのは、何時間かまた後というふうな形です。

衛星の軌道の周期ですけども、その四角の右上に書いてあります270キロぐらいの高度ですと、89.91分、ほぼ90分ですね。この辺は、だんだん高度を低くしていてもせいぜい、例えば地表面上、ゼロメートルのところを衛星が回ったとすると、84.5分であります。まあ、ほとんど変わらない、約90分というふうに言ってもいいような高度で、これは、宇宙ステーションのミールが、常に90分で回っているというふうに表現される軌道をあらわしております。

それから、2ページ目の図は、現在、ミールは270キロメートル弱の高度で円軌道を描いて回っているわけです。円軌道というのは、地表面からいつも同じ距離のところを回っているということですが、現在待機中です。待機をしながら、薄いとはいえども大気があるので、少しずつ落ちてきていて、250キロメートルあたりの高度になるまで待っていると。それで、250キロメートルになったら、いろいろ姿勢の準備はありますけれども、その準備を経て、この図の一番上にある1、2、3、4と、恐らくは4回に分けて軌道の噴射をして、これはブレーキをかけるわけですが、1というブレーキをかけると、今まで緑の軌道をずうっと250キロの円軌道で回っていたものが、モスクワ上空の反対側、地球の裏側、この絵で言うと下のほうで矢印で1と書いてありますが、1の操作を終えると、そういう軌道までロシアの反対側が高度が落ちます。

それから、2の噴射をすると、また高度が落ちる。3を噴射すると、やっぱり高度が落ちるというふうに、反対側が、これは南太平洋の上空になりますけれども、落ちていって、それで3回噴射を終えたところで、地球の反対側の高度は恐らくは150キロとか、それぐらいの距離になったときに、モスクワ近くの管制センターから破壊4という軌道操作を

やります。これが、「ファイナルバーン」と呼ばれるもので、これでとどめを刺す。そうすると、赤い色で書いてある軌道を通ってずうっと行って、大体80キロ、90キロぐらいのところまで行くと、一挙にドーンと落ちていく。それが、南太平洋の人が全然いない部分というふうに計画をされております。

そのファイナルバーンをやって落ちるまでに、途中、日本の近辺がありますけれども、モスクワからはかると、大体地球の中心からの角度が大体100度ぐらいありますけれども、その間、日本の上空をもし通ったとしても、高度が大体180キロ弱ぐらいになるので、これはまだ空気の濃さから言って、全く分解が始まっていない高度です。制御が非常にうまくいった場合、日本については何の影響もないということだと思います。

キーワードとして言えることは、その下の3つだと思うんですが、まず第1に、ロシア側が発表している、分解は多分100キロから110キロぐらいから始まるんですけども、太陽電池パネルが最初に離れるというふうなプロセスがいろいろありますが、落ちていって、落ちるに従って動圧というか、空気からくる圧力とか熱入力とかいうものがどんどん増加していって、それで分解した物がまた分解して落ちていって、それが幅200キロ、長さ6,000キロと、この赤い線の回りに、ちょっと比率はおかしいですけども、草履のような格好をしてありますが、そういうところに落ちるとというのがロシア側の発表です。

この中に、(2)のように、総計で20ないし25トン、それがどういうふうに分かれて落ちるのかということは後で御報告しますが、大体かけらの数として1,500個ぐらい、すべて南太平洋にこの範囲で落ちていく。3キロメートル四方ぐらいのところには1個落ちるぐらいの密度でしょうか。

それから3番目に、これはさっき申し上げました、日本を最後に通るときは180キロ程度の高度です。

その次に、お配りした資料の中で、最後の13ページを開いていただきたいんですが、先ほどちょっとお話がありました確率ですね。確率についてはいろいろな考え方がありますが、これを試算した根拠についてはそこに書いてありますけれども、大体先ほど大臣が言われたように、1億分の1、万々が一とおっしゃったのは、万と万で10の8乗になるわけですね。ですから1億分の1という確率よりも低いということのようです。ちなみに、一番下に参考の数字がありますけれども、航空機の事故率はそれより2けた高いような形になっております。

一般に、宇宙で使っている危険だという確率というのはこれよりはるかに高いと言うと語弊がありますが、10のマイナス6乗とか5乗とかそういう数字の場合に、宇宙で起きるさまざまな事故については安全とみなされるというのが国際的な数字として出ていまして、それに比べると、これは、日本の居住者に影響を与えるという可能性は少ないというふうな形で、我々がふだん使っている数字から言えば、ほとんど問題がないというふうな数字になっていると考えております。これが確率の問題ですね。

それから、ロシア側がどういうふうに軌道操作をやるかとしているかというのは、せんだって御報告したんですが、参考のために申し上げますと、1ページ目の一番下に五、六行で書いてありますけれども、この間、3月8日と言ったのが、また少し延びて3月9日ごろというふうな発表になっております。9日ごろに、高度250キロに達して、落下に向けた姿勢制御を行うと。

これは、補給船のプログレスというのが今ドッキングしていますけれども、そのエンジンでやるので、プログレスがちゃんとブレーキがかけられるような方向に姿勢制御をするということだと思います。多少、大きな推力であれば、姿勢が乱れるとブレーキのかけ方も変わってきますので、精密にこれを姿勢制御して、11日ごろからエンジン噴射を始める。3回に分けて行って、まあ1、2回は少し大きくして、3回目が微調整、それから4回目にさっき申し上げたファイナルバーン、これが3月13日ということです。

250キロメートルに到達してから高度を落とすということなので、太陽活動の影響等でこれがずれた場合には、エンジン噴射もそれだけ延びていくという形になるんだと思います。

個人的に私が心配しているのは、3月8日が「国際婦人デー」という、ロシアのナショナルホリデーなんですね。10、11が土日ですから、間はロシアの習慣によって振替休暇になるので、8、9、10、11とロシアは全体が休みになってしまうので、こういう時期にロシアはきちんと働くのだろうかということも多少、個人的には心配しておりますが、このように発表しているんですから、特別に働いてくれるんだろうというふうに考えています。

次は、7ページを見ていただくと、せんだってでも少しご説明しましたが、これは現在飛んでいる形のミールがあります。緑の上の方の図ですね。この中で今ついていないのは、一番左側にあるソユーズ-TMというのがありますが、これは今人間が常駐していないのでついていないと思います。一番右側にプログレス-Mというのがあって、これは補給船

として1月27日にドッキングしたモジュールです。あとは、本体はプログレスの左にずっとあるわけですが、プログレスと本体の間にクバントというモジュールがあって、これはもう非常に早くから、打上がって1年ぐらいのときにドッキングしてずっと天体観測をやっていたものです。

それから、ソユーズとドッキングするポートのところに、花びらのように4つの実験室がドッキングしております。ですからここにドッキングポートが、花びらのようなドッキングとソユーズと5つドッキングポートがあるわけですね。それから後ろ側にはプログレスとのドッキングポートがあって、それから一番上についているモジュールが、これはクバント2というもの、向こうに回ってクリスタル、それから一番下がスペクトル、一番右側がプリローダ、こういうふうにならば花びらのようについてはいるわけですが、一番向こうに伸びているクリスタルというモジュールの先端にスペースシャトルとのドッキングモジュールがあります。これは、ロシアのドッキングポートとスペースシャトルのドッキングポートというのが少し形とか方式が違うために、間にどうしてもマッチングするためのモジュールが別に必要だったわけですね。ここの部分もドッキングモジュールと称して、落ちるときには結構厄介なものになる。すべてドッキングモジュールが大変大きな塊として落ちてくるような計算になっております。

下の図は、ロシアが、基本的な制御が完璧に行われた場合の目標を書いております、3回制御をやって、最後250キロぐらいから始めるわけですがけれども、地球の裏側を低くしていくと、そこは当然どんどん空気が濃くなっていくので、そこでもブレーキが自然にかかって、モスクワ上空も少しずつですけども高度が下がってきます。ですから、250キロあったのが恐らく230キロぐらいまで下がっているでしょうけれども、その上空で最終的なファイナルバーンをやって、南太平洋に落とす場合に、そこにありますように、ギニアからコーカサス、ロシア語ではカフカスと言うんですか、そのあたりにファイナルバーンをやる場所が設けてあります。そのあと、ずうっと軌道に沿って飛んできて、それで機体の破壊が始まるというのが、ここの南緯20度とかそういったあたりで、日本を過ぎてかなりたってからですね。それで南太平洋、西経140度で南緯47度、この絵の中に「落下地点」と書いてある赤っぽい点がありますけれども、そのあたりを中心に先ほどのような散らばり方をする。ただ、ああいう草履のような形をかいても、ちょっとはっきりしないので、経線と緯線に並行な線で、ある程度わかりやすい落下地点を示したものだと思われれます。それが今のロシアの基本計画です。

それから、次は8ページですね。日本では、このミールの形状とか軌道を考えて、熱入力、落ちてくる途中に熱がどれくらい入ってくるのかということは、ある幅をもって推定はできるんですけども、材料がわからないとどういうふうに溶けていくかという推定ができません。

実は、北海道の苫小牧に、ある事情で地上訓練に使った物が、ミールと先ほど御説明したクバントという実験室がくっついたものが展示されていまして、そこの中の訓練に関係した部分はほとんど本物になっているということなので、専門家チームでそういう材料のわかる方に2月初めに行っていたいただいて、それでかなり調べていただきました。訓練に関係ない部分は模型だったりしたこともありましたが、割と本体の材料とかそういうものはわかってきました。アルミが非常に多くて、特にロシア側でかなり大きな塊で落ちそうだというふうに言っている部分はドッキングモジュールの部分ですね。こういうところの材料、大きさ、そういったものを大体皆さんに調べていただいてわかりました。それによって表の1ができたわけです。

ロシアの計算と合わせながらで、我々は完璧なデータを持っていないので、ロシアとの照合をしながら計算した結果ですけれども、燃え残る破片の最大重量、最大重量のものというのは、ソユーズとプログレスの接続部、これは一番前と一番後ろと言ったらいいんでしょうか、そのドッキングのモジュールの部分、これは恐らく500キロくらい燃え残って落ちてくるだろう。それから、スペースシャトルとの接合部、これはクリスタルというモジュールの先端についていた、後でつけたものですが、ここが結構ドッキングのポートだけではなくて、少し長い形をしていて、この辺はもう少し多くて、ロシア側の発表もそうですけれども、700キログラムになる。この2つが際立って大きなもので、その右側に「燃え残る破片の個数」と書いてあるのは、これが5つというわけではありません。これは1ずつです。そんなにたくさんないものですから、1ずつで、ただし接続部はほかにもばらばらになりながら落ちてくるので、その場合、接続部が、例えばソユーズとプログレスだったら5個に分かれる、そのうちの1つが500キログラムという大変大きいというわけですね。ただ、スペースシャトルの接続部でも5個に分かれるだろうけれども、1つだけが700キログラムということです。

大体燃え残った総質量としては、ドッキングの部分は800キロと1,200キロというふうな形になって、ほかのものは大体100キログラム内外、あるいはそれ以下です。一番下の部分だと、何グラムというふうなものまであるはずですが、合計して一番

下にありますように20ないし25トン、それから燃え残った破片の個数は1,500個、大体我々が調べた計算でも、ほぼロシア側の推定は大きな仮定の間違いとかいうものはないだろうというふうな状態になっております。

次は、9ページを見ていただくと、これはロシア側が発表したものの中で、それから我々も落ちるだろうと思っているものの中で、これはかなりいろんな仮定、それも危険な方の仮定を置いてありますけれども、それは安全管理の面から見ると安全側ということなんでしょうか。そういう仮定をとって、それで代表的な数字を見ますと、一番たくさんありそうな100キロ内外のもの、これはコンクリートの貫通厚さが20センチぐらいというふうな計算になっております。ステンレスというのとアルミニウムというのが、やっぱりこれだと1メートルから2メートルぐらいのコンクリートを貫通するというふうな計算になっておりますけれども、実際にはこれは剛体というか、がっちりした塊で落ちてくるのではなくて、温度が高くなって、それでふわっとしたようなもので、ただし700キロも500キロも落ちてきたら結構大変ですけれども、かなりきつい仮定は置いてあります。

これがどうして溶け切れないのかということなんですが、例えばアルミニウムですと、摂氏660度で溶けるわけですね。チタンですと千数百度、ステンレスもそうですけれども、実際には六、七十キロから三、四十キロの高度のところでは熱入力、動圧、非常に高まっていくわけですが、落ちる秒時というのが、その間を通過する6秒ぐらいしかないんですね。だから、氷でも水に解かしたときに一挙にバーンと解けません。マイナスの温度から零度になった途端に、氷が一挙に解けるかという解けないで時間がかかります。ですから、非常に大気の濃いところに突っ込んでも、アルミが660度よりももちろんだけ高くなるんだけど、溶けながら落ちていって、大変、熱入力も動圧も低くなったところでは、まだ残っている。だから、地上まで来るといふ計算がされているわけです。

最後ですが、2ページですね。軌道離脱計画をこういうふうにロシア側が行った場合の日本への影響ですけれども、今のところ、日本にあるいろんなトラッキングステーションの能力から言いますと、日本にはそういう意味での軍事レーダーというのがなくて、宇宙開発事業団、我々の研究所、宇宙科学研究所、いずれもロシアないしアメリカの軌道の情報非常に正確なものが入れば、数十分のうちに準備を整えてトラッキングをすることができますけれども、それを常時監視して我々の独自の力でこれの軌道監視を続けるというふうな力はありません。ですから、恐らく情報をロシアないしアメリカを通じてどれぐら

い機敏に我々が獲得できるかというのが今後のいろいろなお知らせをする上での鍵ではないかなというふうに思っております。

2ページの下の方に、幾つかの部類分けをして3ページ、4ページというふうに書いてありますが、まず軌道が全く減速の制御ができなかった場合、つまりプログレスのエンジンがすっかり故障したという場合ですけれども、これは自然落下ということになります。ですから、らせんを描きながらどんどんどんどん落ちていって、2ページの下から3行目にありますように、「落下予定日は3月29日±6日である。」という今の予想です。これはその行の初めの方に「第1回減速後に自然落下となった場合には、」というのはちょっと語弊がありまして、「第1回減速後」というのは、減速した後と言う意味ではなくて、減速をトライして失敗して、それ以後自然落下となった場合ということです。だから、最初から今のままずっと落ちていくということですね。その場合は3月の末が落下の予定日ということになります。

先ほど申し上げましたように、大気の密度が太陽の活動で随分左右されると、それから、こういう薄いところというのは、大気の抵抗係数の大きさにまでいろいろ影響があって、大気の抵抗というのは、基本的にその材料の中に空気を構成しているいろんな分子がぶつかってきて、それがはね返されることによって抵抗が起きるわけですけれども、材料が違ったり、スピードが違ったりすると、そのはね返され方が少し違うんですね。散乱したり、真正面からはね返ったり、いろんな方法があって、特に希薄なこういう気体の場合には、抵抗係数にまで影響を及ぼします。そういうことを全部ひっくるめて、大体20%ぐらいの誤差で、落下時刻については長期予報ができるというのが大体常識的な線です。つまり、100日前に予報すれば±20日というぐらいの誤差が出るということですね。その「3月29日±6日」と書いたのはそういうことで、3月29日まで大体30日ありますから、30日の20%で6日ということ、±6日と書いてあるわけです。その20%というのをよく覚えておいていただいて、落下の3日前ということになりますと、3日というのは24時間掛ける3ですね。それに20%を掛けますと大体1日強の時間になります。ですから、3日前には、いつ地球上に落ちてくるかがわかります。それから、1日前になりますと、24時間ですから、24時間にやはり20%を掛けて、これは±大体5時間ぐらいになるというふうなことです。落下の1日前、今の標準でいきますと、自然落下の場合は3月29日というふうになっていますけれども、このままずっと正常にいけば明るる日の±5時間、10時間の幅でこの辺で落ちるというふうなこと

が言えるということです。

10時間ということは、正常の軌道の周期が90分ですから、大体地球を7周する時間ですね。7周しますと、7周のうちの1回は日本を通るかもしれない、その図は8ページにあります。8ページの下に、例えばということで、落下1日前の範囲、これは1、2、3、4、5、6、7周分の軌道が書いてありますけれども、この7周が特定できるということです。特定できるとすれば、そのうちの1回は、例えば日本を通過している軌道が、その7周のうちのどの周で日本の上空を通るかということが少なくともわかるということですね。それはまだ落ちるということではありませんで、日本の上空を通るということですから、そういうことが1日前にはそれぐらいの規模でわかるということです。

大体、自然落下の場合、これは軌道傾斜角が50度、52度、それぐらいのところなので、±北緯52度、南緯52度の間に軌道に沿った場所に落ちるということにははっきりしているのです、その面積分の自然落下の可能性のある地域というふうにやれば、大体この落下1日前の予測として可能性のある地域の10%ぐらいまで絞り込めるというふうに計算されています。

それで、5行抜かしましてその下に、「なお、ミールが日本の上空を通過する時間は1回あたり10分程度であり、」と、これは何分というのは、その軌道によって違うわけなんですけれども、一番長く通過するケースというのは、軌道の地表面への投影が北西から南東へ抜ける場合ではなくて、南西から北東に向かって、つまり南から北へずっと向けていく場合が一番長い通過時間です。恐らくそれは大体3,000キロメートルぐらいではないでしょうか。3,000キロメートルを秒速8キロ、正常のスピードで割りますと、大体6分ぐらいになるんじゃないでしょうか。10分はかかりませんが、一番長いところでもそんな程度だろうということです。

文章がちょっとややこしいんですが、そういう意味で言うと、1日前には7周を特定できて、そのうちの1周が日本が関係あるところだというふうに、日本の上空を通ると考えますと、もしそこで落ちた場合に、90分の予告で20%というと大体±20分程度、つまり40分ぐらいの幅では1日前に予測が可能だということです。

これは、ですから下の四角に書いてありますが、1日前の時点で地球7周の軌道に日本が入らなかった場合は日本に破片が落下する可能性はゼロだと。確率の面から言ってもそれは全然ないと。落下軌道の中に一部分含まれている場合、これは落下するとしたらという仮定のもとですけれども、そこで落下するというわけではありませんが、何時何分から

何時何分までと40分の幅で我々は少し緊張しなきゃいけないときがあるということを言っているわけです。そういうこれからの大体の体制であります。

ところが、さっき省略した3ページの真ん中のパラグラフですけれども、4時間前になりますと、±45分の誤差で予測できる、これは±2割ですから。そうするとミールが1周する時間なんですね、90分というのは。1周する中で、先ほどのように、長い距離、日本の上空を通る場合だったら10分足らずかかりますけれども、非常にもっと狭い幅で我々は時間を限定できるということになります。基本的には、4時間前に何か言われても困る話ですので、1日前の情報というのが割と大事ななというふうに思っております。

それから次の4ページですけれども、これが最後になります。最終の減速段階でエンジンが噴き過ぎた場合、あるいは噴き足りなかった場合、2つに分かれていった場合に、(1)は噴き過ぎた場合ですね。噴き過ぎると落下が早まる方向です。南太平洋に落ちるはずが、ブレーキがかかり過ぎたために、さっきの軌道に沿って、7ページの軌道がありますが、7ページの下軌道、落下地点がずうっと日本側の方へ近づいてくるというふうな話になります。この軌道というのは、1つの例を示したものですから、ここが例えばどこかの上空を通っているからと言って、そこは関係あるわけではありません。非常にこれも変化しますから、必ずしも特定はできませんけれども、日本側にずうっとずれてくるというふうな形です。

それから、最終の減速が少し何か詰まったか何かして、予想以上に減速できなかった場合、ブレーキが足りなかった場合、そういう場合には、さっきの軌道に沿ってずうっと南米の方へ移行することになりますけれども、南米の方に移行して、うんとブレーキが足りなければ、また1周して戻ってくるというような形になりますね。その場合には、ロシア側は、きっとモスクワの上空をまた通りますから、軌道制御の再挑戦をすると思うので、このところは向こうの情報を注意して見ていないと、よくわからないなと。こちらで勝手な体制はすぐにできるわけじゃありませんで、ロシア側の情報が、この場合にも大変大事ななというふうに思っております。1回通過すると、さっきのように22度ずつ西にずれていきますので、しばらくは日本は関係なくなってしまうんですね。ここは、ですからロシアの情報も注意しながら、我々として万全の体制をとるというふうなことになるかと思えます。

総じて、そういう軌道の確率のようなものを議論している側から言えば、ほとんど安心していいというふうに我々は思います。ただ、さっきおっしゃったように、万々がー

のことがありますので、情報を迅速に獲得する努力はするべきだろうというふうに思っています。

以上です。

【井口委員長】 どうもありがとうございます。

これにかかわられました福田企画官、何か補足することはございますか。

【福田企画官】 先生の方からちょっと省略されたんですが、この検討チームの最後に所見が載っておりまして、それが6ページにございまして、最初先生がおっしゃられましたように、この計画そのものを全部評価すると、今のところ計画は順調に進められている。これまでのロシアの発表であるとか、あるいはロシアの宇宙開発の成果を総合的に判断すると、計画が完遂される公算は大きい。ロシアの計画が失敗し、落下物が日本に影響する場合の可能性は、地球上の広い範囲が落下軌道に入っているということから、完全には否定できないものの、極めて小さいという先生方の所見を得ております。

以上でございます。

【井口委員長】 どうもありがとうございました。

それでは、御質問、御意見ございますか。

的川先生、1ページ目の下に、噴射を4回やるのが今計画されている予定ということですが、このうち最初の1、2、3あたり、万一失敗しても、あとは4回目をうまくコントロールすることによってちゃんとコントロールできるのか。

【宇宙科学研究所(的川教授)】 これは、燃料をどれくらい持っているかということが不明なので、はっきりしたことはわからないんですが、余裕は持っていると思います。常識的には、こういう大事なオペレーションの場合は、我々がやる場合でもかなりの余裕を持っていくはずですから。

【井口委員長】 いかがでしょうか。

ロシアは今まで、プログレスを始末するときに、何回もちゃんとコントロールした状態でやっているんですね。

【宇宙科学研究所(的川教授)】 プログレスは燃えつきているんですね。これ、単独で落ちるときはですね。前回、1月27日にドッキングするときには、古いプログレスを切り離して大気圏に突入させたわけですが、それは消滅させたと聞いています。

【大野副大臣】 私が質問してもいいですか。

【井口委員長】 どうぞ。

【大野副大臣】 1つは、1ページには13日ごろということですが、これは変わる可能性というのはどのくらいあるんですか。

【宇宙科学研究所(的川教授)】 今の時点で言いますと、大気密度がどれくらい変化するかということは、太陽活動が予見不可能ということがあって、やはり±20%くらいかなということは、二、三日でしょうかね。今から13日の±二、三日くらいの幅はあるんじゃないかと。

【大野副大臣】 これもやっぱり20%という確率？

【宇宙科学研究所(的川教授)】 はい。大体、今、太陽活動はピークにあるんですね。11年の周期で変動しているんですが、ピークにある中では鎮静化している時期なんです。ですから、最初3月の初めごろにブレーキをかけると言っていたのが、予想以上に太陽活動の鎮静化が長くて、それはふだんの我々の予想を裏切ったくらい静かな太陽になってきているものですから、太陽面の爆発が起きて、地球の大気を膨らませる、地球にやってくる紫外線の量が大変少なくなって、空気が思ったより薄くなったということがあって、思い切って1週間も延ばしてしまいました。そういう何か珍事が起きれば、まだまだそっちに來たりあっちに來たりという誤差はありますけれども。

【大野副大臣】 はい、わかりました。

【澤田委員】 計画どおりの落下物の大きさとか重さとかというのは、今計画外で自然落下みたいな形になってという話がありましたけれども、そういう場合でも、落下物自体については余り大きさ、重さ等には変化はないんですか。

【宇宙科学研究所(的川教授)】 そうですね。変わらないと思います。100キロを少し割ったあたりで壊れ始めるわけですが、この壊れ方というのは、計算する場合には、1人の人が計算すれば同じメカニズムを想定せざるを得ないので、落ちてくるものについても溶け方は同じだろうと思うんですね。

【井口委員長】 先週、この委員会が開かれた後、先ほど大野副大臣がお話しになりましたように、ミール情報収集分析センターを開設したわけですが、それ以外に何か新しい情報は1週間のうちにありますでしょうか。

【今村研究開発局長】 いや、特にございません。センターという形で情報を開示し、提供する体制を整えるということで大臣からの指示があって、23日、金曜日からその活動を開始したということでございます。

【井口委員長】 で、得られた情報は即座にそこで公開するというにしてい

ているわけですね。

【福田企画官】 インターネットのホームページを開設しまして、この報告も含めて、情報についてはインターネットのホームページで出していくということで、ホームページについても、あしたのうちには開設になるということでございます。

【井口委員長】 ほかに何か御質問とかあるいは補足されることはございませんか。

なければ、第1の議題「ミール軌道離脱計画について」の報告を終わらせていただきます。どうも大臣ありがとうございました。

それでは、次の報告に移らせていただきます。

「国際宇宙ステーション米国実験棟での中性子計測実験の実施について」、宇宙開発事業団の池田理事からよろしくお願いいたします。

【宇宙開発事業団（池田理事）】 きょうは、このような機会をいただきまして、ありがとうございます。

宇宙開発事業団でシャトルですとか、宇宙ステーション、宇宙環境利用に関します事業を担当しているものですから、きょうはいい機会をいただきまして、資料の2番目にございます「国際宇宙ステーション米国実験棟での中性子計測実験の実施について」ということで御報告させていただきます。

前回までのスペースシャトルによる宇宙ステーション組み立てによりまして、米国の実験棟が取付けられました。日本のJEMの与圧部よりはやや小さ目でございますけれども、前回までの作業によって、もうそれが実験室として使えるような状況になってきたわけでございますけれども、今回、日本からこの中性子計測実験ということで、初めて機器を持ち込みます。前回の御説明の折に、7月ごろにロシアのモジュールに運びますハイビジョンカメラ、これについて、いろいろあったようでございますけれども、宇宙ステーションでの実験機の持ち込みということではこれが初めてになります。

この事業につきましては、さかのぼりますと、宇宙線の計測という事業は大分さかのぼるんですけれども、今回のものに直接関係しますのは、STS-89というのが3年前にシャトルで行われておりまして、今回、この中性子計測につきましては、ちょうど同じ計測器、中性子線をはかります計測器を米国実験棟の中に運び込むわけですけれども、ほぼ同じ測定装置をシャトルでやりましたが、3年前になります。

その直後から、実際に宇宙飛行士が現在は3人常駐しているわけですけれども、いずれこの人数もふえますし、日本も宇宙飛行士が3カ月から滞在することになりますから、こ

の立上げの時期に米国としても、こういう宇宙線、それが宇宙飛行士の宇宙空間の滞在に
どう影響を与えるかといったことについて、計画的にその調査を進めているという段
階になります。日本に対しては、このSTS-89、3年前のそういう実績を踏まえて、
むしろアメリカから呼びかけられて、これはドイツと日本の3カ国がチームになって一緒
の時期にシャトル、これは来週の3月8日に打上げが予定されていますSTS-102と
いうので、この機器を運び込みます。

アメリカはこの実験には、ラック2つぐらいを並べて用意をしているようですが、
そこに日本からはSTS-89で経験を持っています中性子計測、この装置を持ち込むと
いうことので、ちょうど3月8日に予定されていますフライトで運び込みまして、回収
するまでに約8カ月。お手元の色刷りのパンフレットには7カ月とありますけれども、当
初よりは宇宙空間に置いておく期間が延びました。これは、先ほどの川先生からの、い
ろいろ宇宙空間での太陽活動に応じて大気の様子も変わるというコメントがございました
けれども、宇宙空間での宇宙線、宇宙の放射線自身が太陽活動によって随分変わりますか
ら、そういった期間をできるだけ長く測定できるということは、そういう意味では我々と
しては非常にありがたいわけです。今回はアメリカから呼びかけられたこともありまして、
載っけるための経費は負担しなくて済むということになっています。そういう意味では、
大体3年余りかけて機器を用意し、今回、3月8日に打上げるシャトルで初めて日本とし
ては機器を持ち込むということになります。

なぜ中性子かというのもございますけれども、宇宙空間では、放射線が地上にいるより
は大気の影響等も、そういう意味では遮るものも余りないということですし、この放射線
にさらされるということについての、宇宙飛行士を初めとした健康管理、放射線の防護と
いう意味でも、確かな知見を持っておく必要があるわけですが、そういう意味で、
この中性子というのは非常に大きな役割を果たすというふうに考えられております。その
中でも、宇宙放射線が直接くるものよりも、むしろシャトルですとか、この場合は実験棟、
構築物によって一たん宇宙の放射線が散乱等されて、二次的に出てくる中性子線、これが
相当大きな役割を占めていると言われていまして、これをしっかりと把握をしようとい
うことでもあります。

機器自身は、コンパートメントのときにも紹介されておりますけれども、このボナボール
という、これは直径5センチほどのステンレスの球の中に、圧力を高めたヘリウムの同位
体を封じ込めていまして、比例係数化になっています。宇宙の中性子線を周りのポリエチ

レン等で減速して、これの核反応によって出るイオン、電子を計測しようという形ですから、計測器自身は原子力の施設でもかなり実績を持った計測器だということでございますが、これを6つ持ち込む中には、その周りの覆い方等でいろんな中性子のエネルギーといいますが、分布によって違いを確かめるような計測の仕方というのも工夫をしておりますけれども、要はこれを実験棟に持ち込みまして、今、滞在しております宇宙飛行士にお世話になるわけですが、計器、機器のメンテナンスから、毎週のようにデータを取っていただいて、それをアメリカのネットワークを通じて日本は入手する。得た情報については、若干の処理の期間がありますけれども、ホームページ等で公開させていただくということで、計測の結果というのは、始まりましてから約1カ月ぐらいは遅れを見ておりますけれども、3月に打上げまして、4月ぐらいからは、刻々と計測の状況ということが出たら提供できるようになるだろうというふうに考えております。

ドイツはややこれとは違ってまして、荷電粒子について幅広く測定をしようということ、アメリカは人体模型を持ち込んで、人体の組織にどういう被曝の仕方をするかといったことについてやろうということで、若干取り組み方は違いますけれども、一体となったそういう測定結果をそれぞれ交換もしようということでございますし、今回の中性子計測、それから米独との協力によって相当な知見が新たに得られるものと思っております。

もう1つは、今回、この中性子の計測実験につきましては、今後という意味では、日本のJEM「きぼう」には曝露部というのがございまして、曝露部にこの中性子計測、こういう宇宙放射線の測定装置というのを積み込むことになっておりまして、そういう意味で申し上げますと、宇宙空間の放射線の測定の事業の一環であるという位置付けができると思っております。全体、宇宙環境というものを把握すると同時に、日本としても宇宙飛行士の健康管理、こういう知見を得た上で必要な放射線に対する防護といったようなことでも知見も得ていこうということでございまして、初めてだということで、若干、機会をいただいて報告させていただきました。その成果につきましても、しかるべく公開し、多くの皆さんに使っていただくように努力をしたいと思っております。

以上です。

【井口委員長】 どうもありがとうございました。

御質問、御意見あればお願いいたします。

メールではこういうことはやってないんですか。

【宇宙開発事業団】 メールではやっておりまして。このタイプとは違うタイプで、ph

oswich型というものの、それから、箔タイプのものと、それからanticoincidence型というタイプで、ちょっとこのタイプと違うタイプで、長期間はかっておりました。

そのデータもいただいて、2年ほど前、アメリカで中性子のワークショップがございまして、私どものシャトルの計画を比較をしまして、終わっております。

ミールは、先ほど御報告ありましたように、130トンございまして、ミールの結果によりますと、大体、衛星の重量に応じて2次中性子がどんどん出ていくという結果が出てございまして、じゃあ、400トンの宇宙ステーションではどうなるのか、それに依ってふえていくに違いない。だから宇宙ステーションがだんだん建築と同時にふえていくに従ってふえていくだろうと。ただし、その建築途中の状態をはかっていくというのは重要だろうというような話が出てまいりました。そういう話で、ミールだけではかっていまして、シャトルでは、リアルタイムではかったのは私どもの結果が初めてですが、シャトルでは、リアルタイムではかった例は今までなかったようございまして、パッシブタイプという積分タイプで全部回収してわかったということで、いつどこでどれだけわかったという計測の例はなかったんです。

【井口委員長】 どうもありがとうございます。

ほかにいかがでしょうか。

【長柄委員】 S T S - 8 9 の飛行分というのは、このページを開いたところね。今度の検出基準というのは、S T S - 8 9 で使ったものと全く同じものですか。

【宇宙開発事業団】 検出だけに関しては、全く同じものです。もともと申しますと、実は暴露部、一番後ろの暴露部につくられたエンジニアリングモデルなんでございまして、そのエンジニアリングモデルを是非一度シャトルの空間で、本当にはかれるかどうか一度試してみたいということで、シャトルで1回実験してみたいということで、シャトルで上げたら非常にいい結果が得られたということで、今回やっていただくということです。

【栗木委員】 宇宙開発委員会としては、安全評価部会で、有人の安全性という観点からの評価が必要かなと。私は、前回シャトルに乗ったときの安全評価がどうであったかというのは私も存じ上げないんですけども、恐らくシャトルに乗ったとき、並びに今回も国内及びNASAでの安全評価、最終の評価というのを受けているんだろうと思いますが、シャトル以来、今同じことを伺おうかと思っていたんですけども、シャトルに飛んだときから、どういうデザインの変更があったか、ヘリウムの圧力容器を含んでいるというのが一番の安全にかかわる問題点かなと思いますので、そこをどういう具合に認証を得たか

というところをちょっと確認させていただきたいと思います。

【宇宙開発事業団（池田理事）】 ヘリウムの圧力自身は6気圧ほどなんですね。ですから、ステンレスの容器が、陰極側で封じ込めの圧力容器の役目も果たしているわけですが、壊れるよりはリークをするというような仕組みで、それは防護をしてある。アメリカが今、審査の段階で気にしたのは、コンデンサーのようになっているわけですね、中に高圧の陽極線があって、周りは陰極のステンレスで取り囲んでいるということですから、そういう電圧線が高圧で壊れたときに、それがどうかということも議論されたようですけれども、いろんなこともした上で、そういう安全性についてはケアしているということでございます。

去年の5月にアメリカにも、最初にジョンソン・スペースセンターに持ち込まれていて、その安全審査等もアメリカ側も十分やった上で、9月にはもうケネディーの方に移ってます。

【栗木委員】 圧力機としてはリーク・ピフォア・バーストという、その設計思想になっているということですね。

【宇宙開発事業団】 それに対しましては、安全審査のときに御指摘がありまして、解析を詳しくやりました。それで、ステンレスの球それ自体は、中に入っている6気圧に対して十分圧力があるということを確認しております。かつ、もしも、今、御指摘のありましたように、破壊されたときにどのような形でステンレスの膜が飛び散るかということも解析しまして、まずこの写真を見てもらえばわかりますように、球は周りを円筒の筒で覆われていて、また外もきょう体で囲われているということで、最悪の場合、中で破裂というか、壊れてガスが飛び出した状況でも、壊れたステンレスの破片は筒またはきょう体でブロックされて外に飛び出すということはないということを確認しております。

あと、安全審査関係では、それ以外に4件ほど安全審査のときにご指摘がありまして、それは1つは、シャープエッジ、いわゆる突起物がどうなっているかということと、手順、これは宇宙でコネクターを宇宙飛行士がつけるわけですが、そのコネクターに電圧がかかっていたときに、知らずにさわってしまうと、宇宙飛行士が感電してしまうのではないかということに対してどうなっているかということ、あともう1つが、今のステンレスのボールが壊れたときどうなりますかということですね。

あともう1つ、全体のシステムとして、アースという、グラウンディングがどうなっているかという、この4点の指摘がありまして、それぞれに関しまして、もう一度解析をま

め直しまして確認しております。

まず、シャープエッジに関しましてですけれども、これは幾つか宇宙ステーションの要求に対する安全要求を満たしていないところがあります。ただ、それに関しましては、カバーをつけるとか、そういうことをすることによって対策がとれていることを確認しております。

先ほど言いましたコネクターをつけたり外したりするときに、宇宙飛行士がさわってしまっただけで感電するのではないかということに関しましては、ちゃんと手順書をつくってくださいということ NASA に言ってありまして、NASA の方でもちゃんと手順書を、注意しなさいということ盛り込んであるということを確認しております。

あともう一つは、先ほど言いましたアースというか、グラウンディングの件ですけれども、これに関しましては、ちゃんと確認しまして、アースが取れていることを確認しております。

ということで、以上4点につきまして、再度報告書をまとめたものを、昨年11月にありました最終確認審査会の方に報告しまして、特に問題がないということ、安全対策がとれているということを審議してもらったわけです。

あと、NASA の方の安全審査の方ですけれども、昨日、FRR、フライト・レディネス・レビューというのがありまして、その中で、安全に関する報告が安全担当の方からあったんですけれども、その中でもペイロードに関するハザードはすべてクローズされている、審査してあるという報告があったということ駐在の方から報告が来ております。

【宇宙開発事業団】 補足しますと、NASA の安全審査で一番最初、圧力で大変だったのは、100PSI以上だと、プレッシャーベッセルがあって非常に大変だったんですが、あと容積の比率があるんですが、ちょうど100PSIって6.8気圧なんですけど、これはちょうど6気圧でそれ以下なんで、シールドコンテナの方に入って、かなり圧力的には緩い条件の中におさまったということでございます。

それが破裂した場合のコンティンメント・レストレイント・アナリシス等の解析と、それから、もし、破裂した場合、ガスが出てきた場合に、高圧が1,000ボルトとなっていますので、放電しないとか、そういうような指摘がNASAの方からございまして、それは全部解析で示しましたら、NASAの審査を通りました。これはシャトルと曝露部の方の解析で、NASAの審査でございましたけれども……。

【井口委員長】 あと、直接、栗木先生の方に説明いただけますか。

【栗木委員】 今後、宇宙ステーション関係のペイロードなり、大物がたくさん出てくると思うんですが、やはりこれは安全評価部会で一応審査の経過、各レベルに応じた2、3という具合に進んでくると思うんですけれども、そのフェーズごとに結果はどうであったかというのは御報告いただきたいなと思いますので、それを今後お願いしたいと思いません。

【宇宙開発事業団（池田理事）】 前後の措置も含めまして、御報告させていただきたいと思います。

【井口委員長】 よろしくお願いいたします。

ほかにいかがでしょうか。

【五代委員】 宇宙放射線で、いろいろなところから、どこから来るかよくわからないみたいなものがあるんですけれども、これ、時間的あるいは方位的にかなり解明されているんですか。従って予測はどうなっているんですかということなんです。

それから、2次構造体にぶつかって何かまた出るわけですね、中性子が。そのときの相手の構造の、何というのかな、質量だけなんですか、1次的にきくのは。

【宇宙開発事業団】 はい、船内の場合は2次中性子が非常に多くて、船内も1けた多いですね。船内、非常に壁が厚いところが非常に多いわけでございます。それともう1つは、大きな太陽フレアが起きた場合、それがどう同期されるとか、その2つが.....。

【栗木委員】 太陽フレアの影響は大きいんですか。

【宇宙開発事業団】 はい。太陽フレアが起きた場合には、荷電粒子は太陽の磁場によって、太陽の大きな磁場はらせん状に来ますので、一番早くても30分、遅くて5時間とか8時間かかるんですけれども、中性子だけとか、ガンマ線、光は8分ぐらいでまっすぐ飛んできますので、そういう意味で中性子が上がったということは、それを予測できるノウハウキャストといえますか、予測できる1つの目安になれるという意味でそれが1つのタイムモニターになるという意味でございます。

これ自身は、動向はわからないんですけれども、レベルだけを見る。これほとんど、今船内で出す中性子というのは、一つ一つの中性子を見る装置ですね、それは太陽方向から来たということのはっきりわかる装置なんです.....

【宇宙開発事業団（池田理事）】 ドイツあたりの事業も、マッピングというような意味合いをつけているんですね。地球の周りですとか太陽の関係ですとか、ずっとなめながら回るわけですから、その間にどこがローカルにどうかということも、採用値はほとん

どあれですね。

【五代委員】 はい、どうも。

【井口委員長】 今、宇宙開発委員会で評価特別部会というのがもうスタートしております。いろんなプロジェクトが終わった段階でも、しっかり評価しようということになっていて、これも終わった段階で評価の対象になるかもしれませんので、またそのときにはよろしく願いいたします。

【宇宙開発事業団（池田理事）】 何カ月か行きますし、途中段階でもまた御報告できると思いますし、いろんな意味でこれからの事業の皮切りにもなりますから、しっかり御報告させていただきたいと思います。

【井口委員長】 ほかにいかがでしょうか。

ございませんようですので、それでは第8回を終わらせていただきます。どうもありがとうございました。

前回の議事要旨が配られておりますので、御覧いただきますようお願いいたします。

以上で、第8回の宇宙開発委員会を閉会にさせていただきます。どうもありがとうございました。